花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊生长性能、瘤胃发酵及血清生化指标的影响

索效军[1,2]　张　年[1]　杨前平[1]　陶　虎[1]　熊　琪[1]　李晓锋[1]　陈明新[1*]

（1.湖北省农业科学院畜牧兽医研究所，武汉 430064；2.动物胚胎工程及分子育种湖北省重点实验室，武汉 430064）

摘　要：本试验旨在研究花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊生长性能、瘤胃发酵和血清生化指标的影响，从而为黑头羊育肥过程中合理使用粗饲料提供依据。选取30只体重[（20.46±3.23） kg]接近、体况良好的8月龄湖北黑头山羊羯羊，随机分为3组，每组10只，分别饲喂以花生藤（Ⅰ组）、苜蓿（Ⅱ组）和苜蓿+花生藤（Ⅲ组）为粗饲料来源的颗粒型全混合日粮，试验期60 d，其中预试期10 d，正试期50 d。试验结束后称重，并采集瘤胃液和血液样品，分别测定瘤胃液挥发性脂肪酸、氨态氮浓度以及血清总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、葡萄糖（GLU）含量等指标。结果显示：1）与Ⅰ组相比，Ⅱ组和Ⅲ组黑头羊的平均日增重（ADG）极显著增加（P<0.01），料重比（F/G）极显著降低（P<0.01）；2）各组黑头羊的干物质（DM）、粗蛋白质（CP）、中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）表观消化率无显著差异（P＞0.05），但Ⅱ组和Ⅲ组在数值上均较Ⅰ组有不同程度的提高；3）Ⅱ组和Ⅲ组黑头羊瘤胃液乙酸、总挥发性脂肪酸浓度显著高于Ⅰ组（P<0.05）；4）Ⅱ组和Ⅲ组黑头羊血清ALB含量和白球比（A/G）分别极显著（P<0.01）和显著（P<0.05）高于Ⅰ组，Ⅲ组血清尿素氮（UN）、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）含量以及肌酸激酶（CK）活性显著高于Ⅱ组（P<0.05），其他血清生化指标各组之间无显著差异（P＞0.05）。由此得出，在能量和蛋白质水平相当的条件下，单纯以花生藤作为颗粒型全混合日粮的粗饲料来源会降低湖北黑头羊的平均日增重，提高料重比，降低瘤胃液总挥发性脂肪

收稿日期：2018-05-18

基金项目：国家重点研发计划“畜禽现代化饲养关键技术研发”（2017YFD0502000）；湖北省农业科技创新中心资助项目（2018-620-004-002）

作者简介：索效军（1977—），男，山西忻州人，副研究员，硕士，研究方向为动物营养与饲料科学专业。E-mail: suoxj@126.com

*通信作者：陈明新，研究员，硕士生导师，E-mail: xiaojunsuo@126.com

酸和乙酸浓度；以花生藤和苜蓿组合作为颗粒型全混合日粮的粗饲料来源，则湖北黑头羊可获得与以苜蓿为粗饲料来源时相当的养殖效果。

关键词：湖北黑头羊；全混合日粮；生长性能；瘤胃发酵；血清生化指标

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

粗饲料是反刍家畜饲粮的重要组成部分，其适宜饲喂比例为40%~70%，对维持反刍、优化瘤胃环境和提高瘤胃微生物合成效率至关重要，其品质是决定反刍动物生产性能和健康状况的重要因素。花生藤营养价值丰富、价格低廉，我国花生藤年产量在2 000万~3 000万 t [1]，但大部分被焚烧或直接还田，造成资源浪费和环境污染。苜蓿营养价值高，属高蛋白质、低消化能饲料[2]，以适当比例添加到畜禽饲粮中可以显著提高其生产性能，改善肉品质，但成本较高、供应不足的问题日益凸显，单独饲喂苜蓿无法实现养殖效益的最大化，为了提高养殖效益，缓解草畜供给矛盾，如何进一步提高粗饲料资源饲用效率备受关注[3]。通过不同牧草间的组合，实现养分互补，激发牧草间的组合效应，增加生糖物质的产量，是非常有效的提高秸秆类饲草利用价值的营养调控措施[4]。

能量和蛋白质是提高反刍动物生产性能和养殖效益的核心营养因子，对配制饲粮非常重要，在制订实际营养需要量时，多以能量和蛋白质水平为基础，而国内关于粗饲料的研究多是在饲粮精粗比相同、能量水平并不相同的条件下进行。当前在相同能量及蛋白质水平下不同粗饲料对反刍动物影响的报道较少[5]，对颗粒饲料的研究主要集中在颗粒精料对家禽、奶牛和肉牛的生产性能及饲料报酬上，对反刍动物中低质粗饲料搭配优质粗饲料作为原料制成颗粒饲料在瘤胃内环境、血清生化指标的报道[6]鲜见。为此，本试验选用苜蓿和/或花生藤作为粗饲料来源，制成等消化能和等氮的颗粒型全混合日粮进行湖北黑头羊饲喂试验，研究花生藤替代苜蓿对湖北黑头羊的生长性能、瘤胃发酵以及血清生化指标的影响，以期为降低生产成本、提高肉羊养殖效益、缓解饲草供需矛盾、加快肉羊产业发展提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计和饲养管理

试验于 2017 年 9—11 月在荆门市某种羊场进行，选取 8 月龄体况良好、体重相近[（20.46±3.23） kg]的 30 只湖北黑头山羊羯羊，随机分成 3 组，每组 10 只。试验前对羊舍进行清扫消毒，并对试验羊进行免疫注射羊痘、三联四防疫苗和小反刍兽疫疫苗，试验羊于每天 07:00 和 17:00 各饲喂 1 次，饲喂量随着体重变化情况随时增加，自由饮水，常规管理。预试期 10 d，正试期 50 d。

1.2　试验饲粮

参照张丽英[7]的方法测定苜蓿和花生藤的胃蛋白酶消化率以及粗蛋白质（CP）、钙(Ca)、磷(P)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量和总能(GE)。苜蓿和花生藤的胃蛋白酶消化率和营养成分含量见表 1。参考《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004）进行饲粮配方设计。在能量和蛋白质水平相当的条件下，分别以花生藤（Ⅰ组）、苜蓿（Ⅱ组）和苜蓿+花生藤（Ⅲ组）为粗饲料来源配制 3 种试验饲粮，其组成及营养水平见表 2。苜蓿和花生藤经 9FQ-50 型饲草粉碎机粉碎至 2 cm 左右的长度，将粉碎后苜蓿、花生藤和精料补充料按比例添加到 1000 型卧式粉碎混合机进行混合，混合均匀后经 KL-150 型颗粒机制成颗粒型全混合日粮。

表 1　苜蓿和花生藤的胃蛋白酶消化率和营养成分含量（风干基础）

Table 1　Pepsin digestibility and nutritional component contents of alfalfa and peanut vine　（air-dry basis）

项目 Items	胃蛋白酶消化率 Pepsin digestibility/%	粗蛋白质 CP/%	钙 P/%	磷 Ca/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	总能 GE/（MJ/kg）
花生藤 Peanut vine	3.8	7.5	1.41	1.14	43.3	40.5	14.91
苜蓿 Alfalfa	3.2	12.2	1.06	1.17	49.3	40.5	15.89

表 2　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of experimental diets　（air-dry basis）　　%

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
原料 Ingredients			
苜蓿 Alfalfa		45.5	19.5
花生藤 Peanut vine	70.5		47.0
玉米 Corn	22.3	51.0	29.5
豆粕 Soybean meal	3.7		0.5
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	2.0	2.0	2.0
食盐 NaCl	0.5	0.5	0.5
预混料 Premix[1)]	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels[2)]			
干物质 Dry matter	84.11	87.52	84.80
消化能 DE/（MJ/kg）	11.49	11.53	11.58
粗蛋白质 CP	11.11	11.59	11.38
中性洗涤纤维 NDF	34.18	35.73	36.50
酸性洗涤纤维 ADF	21.71	24.82	25.67

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets:：VA 1.0×10^5 IU，VD_3 2.0×10^4 IU，VE 200 IU；Fe (as ferrous sulfate) 200 mg，Cu (as copper sulfate) 350 mg，Mn (as manganese sulfate) 1 500 mg，Zn (as zinc sulfate) 2 000 mg，I (as potassium iodide) 30 mg，Se (as sodium selenite) 10 mg，Co (as cobalt sulfate) 10 mg。

2) 消化能为计算值，参照《动物营养参数与饲养标准》（第 2 版）计算[8]，其余均为实测值。DE was a calculated values, and it was calculated in reference to *Nutrition Parameters and Feeding Standard for Animals* (2nd ed)[8], while the others were measured values.

1.3　样品采集与指标测定

1.3.1　生长性能指标测定

正试期开始后，以第 1 天称重作为初始体重，以第 60 天体重作为终末体重，计算平均日增重（ADG）；记录试验期间的采食量，计算料重比（F/G）。

平均日增重（g）=（末重-初始体重）/试验天数;

料重比=平均日采食量/平均日增重。

1.3.2　饲粮、血液和瘤胃液采集与指标测定

采集 3 种颗粒型全混合日粮各 500 g，在试验正试期内每天 08:00 收集各组试验羊的全

部粪样，称重，放入样品袋中，阴干后常温下保存。饲粮样和粪样烘干后过 40 目筛粉碎，按张丽英[7]方法测定样品的干物质（DM）、CP 含量，采用 Van Soest[9]的方法测定 NDF 和 ADF 含量。

所有试验羊禁食、禁水，并于饲养试验结束后次日 08:00 颈静脉采血，静置 45 min 后，2 500×*g* 离心 15 min，分离血清，-20 ℃保存，采用日立 7020 全自动生化仪测定血清生化指标，指标检测所用试剂盒由生工生物工程(上海)股份有限公司提供。

饲养试验结束后次日 08:00 各组随机取 5 只羊，使用瘤胃液采样器收集瘤胃内容物 50 mL。将采集的瘤胃内容物用 4 层纱布过滤去除饲粮残渣后，采用 PHS-3C 精密酸度计（上海雷磁仪器厂）立即测定瘤胃液 pH，然后 3 000×*g* 离心 15 min，收集上清液，装于 50 mL 离心管中-20 ℃保存，参照冯宗慈等[10]介绍的苯酚-次氯酸钠比色法测定瘤胃液氨态氮（NH_3-N）浓度，采用秦为琳[11]介绍的气相色谱法测定瘤胃液挥发性脂肪酸（VFA）浓度。

1.4 统计分析

试验数据用平均值和均值标准误（SEM）表示，采用 SAS 9.2 统计软件中的 ANOVA 过程进行单因素方差分析(one-way ANOVA)，并采用 Duncan 氏法进行多重比较，$P<0.05$ 为差异显著，$P<0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 生长性能

由表 3 可知，各组黑头羊的干物质采食量、初始体重差异不显著（$P>0.05$）；Ⅱ组黑头羊的平均日增重最大，较Ⅰ组高出 60.57%（$P<0.01$），较Ⅲ组高出 12.99%（$P<0.05$），同时Ⅲ组黑头羊的平均日增重也极显著高于Ⅰ组（$P<0.01$）；Ⅱ组和Ⅲ组黑头羊的料重比均极显著低于Ⅰ组（$P<0.01$），Ⅱ组和Ⅲ组之间无显著差异（$P>0.05$）。

表 3 花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊生长性能标的影响

Table 3 Effects of peanut vine instead of alfalfa in granulated total mixed ration on growth

performance of *Hubei* black-head goats

项目 Items	Ⅰ组 GroupⅠ	Ⅱ组 GroupⅡ	Ⅲ组 GroupⅢ	SEM	*P*
干物质采食量 DMI/（kg/d）	0.98	1.05	1.04	0.01	0.554
初始体重 Initial weight/kg	20.38	20.48	20.53	1.98	0.997
终末体重 Final weight/kg	27.15	31.35	30.15	1.69	0.096
平均日增重 ADG/（g/d）	112.83^{Bc}	181.17^{Aa}	160.33^{Ab}	12.04	＜0.001
料重比 F/G	14.48^{Aa}	9.66^{Bb}	10.81^{Bb}	1.37	0.005

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01). The same as below.

2.2 营养物质表观消化率

由表 4 可知，各组黑头羊的 DM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率无显著差异（P>0.05）；但从测定值上看，Ⅰ组黑头羊的 NDF 和 ADF 表观消化率低于Ⅱ组和Ⅲ组，DM、NDF 和 ADF 表观消化率均以Ⅱ组最高，与Ⅰ组相比，分别提高了 3.88%、10.60%和 10.66%，说明黑头羊对花生藤的纤维利用率相对较低。

表 4 花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊营养物质表观消化率的影响

Table 4 Effects of peanut vine instead of alfalfa in granulated total mixed ration on growth performance of *Hubei* black-head goats

项目 Items	Ⅰ组 GroupⅠ	Ⅱ组 GroupⅡ	Ⅲ组 GroupⅢ	SEM	*P* 值 *P*-value
干物质 DM	67.53	70.15	68.69	1.59	0.312
粗蛋白质 CP	11.11	11.59	11.38	3.70	0.344
中性洗涤纤维 NDF	47.34	52.36	51.03	4.36	0.551
酸性洗涤纤维 ADF	29.06	32.16	31.91	3.55	0.425

2.3 瘤胃发酵参数

由表 5 可知，各组瘤胃液 pH 较接近，组间差异不显著（P>0.05）；Ⅰ组瘤胃液 NH_3-N

浓度相对于Ⅱ组和Ⅲ组有提高的趋势（P>0.05）；Ⅱ组和Ⅲ组瘤胃液乙酸、总挥发性脂肪酸（TVFA）浓度显著高于Ⅰ组（P<0.05）；瘤胃液丙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸、戊酸浓度以及乙酸/丙酸各组之间均无显著差异（P>0.05）。

表 5　花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊瘤胃发酵参数的影响

Table 5　Effects of peanut vine instead of alfalfa in granulated total mixed ration on rumen fermentation parameters of *Hubei* black-head goats

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ	SEM	P 值 P-value
pH	6.52	6.82	6.62	0.21	0.405
氨态氮 NH_3-N/（mg/dL）	4.26	3.68	4.03	1.45	0.963
乙酸 Acetate/（mmol/L）	22.31^{b}	29.62^{a}	27.93^{a}	2.31	0.032
丙酸 Propionate/（mmol/L）	5.42	6.69	5.57	2.01	0.795
异丁酸 Isobutyrate/（mmol/L）	0.17	0.15	0.07	0.10	0.620
丁酸 Butyrate/（mmol/L）	4.61	6.85	6.04	1.18	0.235
异戊酸 Isovalerate/（mmol/L）	0.28	0.25	0.16	0.07	0.352
戊酸 Valerate/（mmol/L）	0.07	0.11	0.05	0.05	0.478
总挥发性脂肪酸 TVFA/（mmol/L）	32.86^{b}	43.67^{a}	39.82^{a}	9.21	0.045
乙酸/丙酸 Acetate/propionate	4.12	4.43	4.30	0.87	0.836

2.4　血清生化指标

由表 6 可知，Ⅱ组和Ⅲ组血清白蛋白（ALB）含量极显著高于Ⅰ组（P<0.01），血清白球比（A/G）显著高于Ⅰ组（P<0.05），Ⅱ组和Ⅲ组之间差异不显著（P>0.05）；Ⅲ组血清尿素氮（UN）、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）含量以及肌酸激酶（CK）活性显著高于Ⅱ组（P<0.05）；其他血清生化指标各组间无显著差异（P>0.05）。

表 6　花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊血清生化指标的影响

Table 6　Effects of peanut vine instead of alfalfa in granulated total mixed ration on serum biochemical indexes of *Hubei* black-head goats

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ	SEM	P 值 P-value
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	1067.33	871.33	1001.33	455.60	0.910
丙氨酸氨基转移酶 ALT/（U/L）	26.33	20.00	30.33	4.34	0.132
天门冬氨酸氨基转移酶 AST/（U/L）	109.00	110.33	102.33	15.40	0.860

丙氨酸氨基转移酶/天门冬氨酸氨基转移酶 ALT/AST	0.24	0.19	0.30	0.05	0.219
总蛋白 TP/（g/L）	69.17	70.70	69.93	2.90	0.145
白蛋白 ALB/（g/L）	33.90^{Bb}	37.40^{Aa}	36.80^{Aa}	0.71	0.006
球蛋白 GLB/（g/L）	35.27	33.30	34.13	2.49	0.111
白球比 A/G	0.96^{b}	1.12^{a}	1.08^{a}	0.06	0.021
总胆红素 TBIL/（μmol/L）	0.17	0.27	0.23	0.12	0.729
尿素氮 UN/（mmol/L）	5.43^{ab}	4.94^{b}	6.44^{a}	0.51	0.046
肌酐 CREA/（μmol/L）	43.67	49.33	41.00	11.52	0.770
总胆固醇 TC/（mmol/L）	2.06	1.60	2.33	0.31	0.135
甘油三酯 TG/（mmol/L）	0.45	0.28	0.38	0.11	0.347
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/（mmol/L）	1.15^{ab}	0.88^{b}	1.38^{a}	0.20	0.038
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/（mmol/L）	0.31	0.26	0.27	0.07	0.831
葡萄糖 GLU/（mmol/L）	3.50	3.26	3.45	0.22	0.547
肌酸激酶 CK/（U/L）	487.33^{ab}	393.00^{b}	568.67^{a}	50.08	0.035

3 讨 论

3.1 花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊生长性能的影响

颗粒型全混合日粮是粗饲料粉碎后混合精料及其他原料，经搅拌、高温高压挤压等过程制成，由于在制粒过程中温度、水分和压力的综合作用，使饲料发生物理化学反应，如淀粉糊化，酶活性增强，由于其消化率高、适口性好、体积小和易于贮藏等优点，在反刍动物中已得到广泛应用[12]，反刍动物对饲粮的利用率受采食量、饲粮结构和饲养方式等因素的影响，饲粮结构的差异会导致生产性能差异[13]。刘圈炜等[14]用苜蓿鲜草饲喂波尔山羊，结果发现整个试验期试验组的采食量与对照组均差异不显著，而Knowles等[15]的研究却呈现相反的结果，即平均日采食量有随着饲粮中苜蓿草粉添加量的增加而下降的趋势，这与本试验结果并不完全一致，本试验中Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组试验羊的干物质采食量分别是0.98、1.05、1.04 kg/d，组间差异不显著，且并无降低的趋势。本试验中所用饲粮能量和蛋白质水平相当，Ⅱ组和Ⅲ组与Ⅰ组的平均日增重、料重比存在显著差异，推测饲粮营养物质消化率的不同可能是导致各组试验羊生长性能出现差异的重要原因之一。花生藤的营养价值，特别是可消化养分含量较苜蓿少[16]，而苜蓿除营养价值比花生藤高外，还可以改善瘤胃内环境、刺激纤维分解菌的生长、促进纤维分解菌对纤维物质的消化。

3.2　花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊瘤胃发酵参数的影响

瘤胃发酵参数是反映瘤胃发酵状况和发育功能的重要指标[17]，目前研究瘤胃发酵状况的主要参数有瘤胃液 pH、NH_3-N 含量和 VFA 组成比例等，这些参数可以反映瘤胃内部状况及在瘤胃内饲料的发酵程度和模式。

瘤胃液 pH 是发酵酸产生和消除（主要是被唾液中和及机体代谢转化）平衡的结果[18]，正常瘤胃液的 pH 在 5.5~7.5 之间变化，最适宜范围为 6.5~7.0[19]，瘤胃液 pH 受饲粮种类、唾液量、酸碱物质浓度等影响，其波动的主要因素是营养水平和饲粮结构[20]。许红[21]发现杜寒杂交羊饲喂苜蓿干草后瘤胃液 pH 在 5.92~6.34，低于本研究结果，具体的影响因素和原因还有待于进一步研究。本试验中各组瘤胃液 pH 均介于 6.52~6.82，在适宜 pH 范围内，Ⅰ组试验羊瘤胃液 pH 高于Ⅱ组与Ⅲ组，这可能是Ⅱ组与Ⅲ组精饲料比例相对较高有关，但所有原料经搅拌、高温挤压制粒后，使各组试验羊反刍次数接近，并且进入瘤胃中的唾液量相同，最终使得瘤胃 pH 无显著差异。

瘤胃 NH_3-N 浓度是饲粮蛋白质、机体内蛋白质以及非蛋白质氮的分解产物，同时也是微生物合成菌体蛋白的原料，其浓度反映蛋白质降解与合成之间所达到的平衡状况，受饲粮中蛋白质降解速度和蛋白质水平的影响，瘤胃液中 NH_3-N 浓度较低时，瘤胃微生物合成作用较强，瘤胃液中 NH_3-N 最佳浓度为 0.35~29 mg/dL[22]，本试验中瘤胃液 NH_3-N 浓度在 4.03~4.26 mg/dL，处于 Preston[23]提出的最佳浓度范围内，说明各组瘤胃 NH_3-N 均可满足微生物生长的需要。Ⅱ组和Ⅲ组瘤胃液 NH_3-N 浓度低于Ⅰ组，说明瘤胃微生物合成作用有增强的趋势，但各组间瘤胃液 NH_3-N 浓度无显著差异，原因可能是各组饲粮蛋白质水平相近。

瘤胃 VFA 是瘤胃发酵的主要产物之一，能为动物机体提供 70%~80%的可消化能，参与机体的各种代谢[24]。瘤胃 VFA 的产量和组成比例是评估发酵方式和能量转化的直接指标，VFA 主要由乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸、异戊酸、戊酸组成，通常根据乙酸、丙酸、丁酸相对比例的高低，分为乙酸型、丙酸型、丁酸型发酵 3 种瘤胃发酵类型。脂肪合成的主要前

体是乙酸和丁酸，葡萄糖合成的主要前体是丙酸，丙酸型发酵能为机体提供更多的能量，丙酸型发酵可降低甲烷的生成，从而降低因嗳气引起的能量消耗，有利于反刍动物增重[25]。一般用乙酸/丙酸来表示瘤胃发酵模式的变化[26]。在正常饲喂条件下，乙酸产量占到瘤胃 VFA 总量的 70%~75%[27]。本试验条件下，乙酸产量占 VFA 总量的 67.83%~68.56%，与文献报道水平相近。本试验结果显示，Ⅱ组和Ⅲ组试验羊的瘤胃液 TVFA 和乙酸浓度显著高于Ⅰ组，说明含有苜蓿的饲粮瘤胃微生物活性较强，与Ⅰ组相比，更有利于瘤胃发酵，能产生更多满足山羊机体需要的能量，也可能是由于Ⅱ组和Ⅲ组日粮的 NDF 和 ADF 消化率高于Ⅰ组。在本试验中，瘤胃液丙酸浓度各组之间无显著差异，说明苜蓿对糖类代谢无显著影响。从瘤胃液 pH 以及 NH_3-N 和 VFA 浓度等指标来看，不同粗饲料来源对肉羊瘤胃发酵类型无较大影响，但有增加瘤胃液 VFA 浓度、降低 NH_3-N 浓度的趋势，表明苜蓿对肉羊的瘤胃内环境改善有一定的促进作用。

3.3　花生藤替代颗粒型全混合日粮中苜蓿对湖北黑头羊血清生化指标的影响

血清生化指标可直接体现动物机体内环境健康与营养状况。血清中总蛋白（TP）为 ALB 与球蛋白（GLB）之和，三者的含量可反映机体蛋白质的吸收和代谢状况，血清 TP 含量高有利于促进动物的生长发育和提高饲料报酬[28]。当血清蛋白质合成出现障碍时，血清 ALB 含量减少，GLB 含量增加，A/G 降低。因此，血清 A/G 可以准确反映机体免疫系统状态。本试验结果显示，Ⅱ组和Ⅲ组血清 ALB 含量和 A/G 较Ⅰ组分别极显著和显著提高，说明苜蓿能改善黑头羊的蛋白质代谢，对机体蛋白质的吸收和沉积及免疫功能有促进作用，这也与Ⅰ组较低的营养物质表观消化率结果相一致，具体原因有待进一步研究。在本试验中，3 组试验羊的血清碱性磷酸酶（ALP）、丙氨酸氨基转移酶（ALT）、天门冬氨酸氨基转移酶（AST）活性以及总胆红素（TBIL）、肌酐（CREA）、总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）、葡萄糖（GLU）含量等指标均无显著影响，说明花生藤对黑头羊的抗应激、抗氧化功能以及脂类、糖类代谢等无不良影响。

血清 UN 含量可用来衡量机体蛋白质的沉积情况，是蛋白质食入、动员和排出综合作用的结果[29]，血清 UN 含量与饲粮氮利用率呈高度负相关，与瘤胃液 NH_3-N 含量呈高度正相关[30]，因此血清 UN 含量在一定程度上反映了黑头羊对饲粮中氮的利用率。本试验结果显示，3 组黑头羊的血清 UN 含量均在正常范围（2.9~8.2 mmol/L）[31]内，其中Ⅱ组和Ⅲ组黑头羊血清 UN 含量低于Ⅰ组，这与瘤胃液 NH_3-N 浓度的变化趋势基本一致，表明含优质粗饲料苜蓿的饲粮可以提高机体对氮的利用率，Ⅱ组和Ⅲ组黑头羊血清 UN 含量在正常偏低水平，表明该组饲料报酬提高，蛋白质合成增加，这与刘海燕等[32]的研究结果一致。血液 GLU 含量是反映动物机体营养状况的重要指标，主要来源于肠道吸收和肝糖原分解，可反映动物机体糖生成与消耗的动态平衡。据报道，动物血清 GLU 含量不宜超过 6.1 mmol/L[33]，在本试验中，Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组黑头羊的血清 GLU 含量分别为 3.50、3.26、3.45 mmol/L，均在其报道范围内，各组间血清 GLU 含量无显著差异，这与王婕姝等[34]的研究结果一致。血液中的 TG、TC 与能量代谢密切相关。TG 是动物机体贮存能量的主要形式，能被各组织利用分解，是机体内含量最多的脂类，可在肝脏和脂肪中贮存与合成；TC 则主要来自内源合成[35]。本试验结果显示，各组间血清 TG、TC 含量变化不大，说明 3 组试验羊机体对脂肪的利用效率基本接近。血清 ALP 活性与成骨作用及骨骼代谢关系密切[36]，ALT 和 AST 是动物体内蛋白质代谢相关的重要指标，其活性高低可反映蛋白质合成和分解的状况[37]，本试验中这 3 个指标各组间均无显著差异，表明花生藤对黑头羊的骨骼代谢以及蛋白质合成和分解未产生明显的负面影响。

4 结 论

在能量和蛋白质水平相当的条件下，单纯以花生藤作为颗粒型全混合日粮的粗饲料来源会降低湖北黑头羊的平均日增重，提高料重比，降低瘤胃液总挥发性脂肪酸和乙酸浓度；以花生藤和苜蓿组合作为颗粒型全混合日粮的粗饲料来源，则湖北黑头羊可获得与以苜蓿为粗饲料来源时相当的养殖效果。

参考文献：

[1] 历磊.提高花生藤营养价值的调制技术研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2012.

[2] FOSTER J L,MUIR J P,LAMBERT B D,et al. In situ and in vitro degradation of native Texas warm-season legumes and alfalfa in goats and steers fed a sorghum-sudan basal diet[J]. Animal Feed Science & Technology,2007,133(3):228–239.

[3] LIU C,QU Y,GUO P,et al.Effects of dietary supplementation with alfalfa (*Medicago sativa* L.) saponins on lamb growth performance, nutrient digestibility, and plasma parameters[J].Animal Feed Science & Technology,2018,236:98–106.

[4] 王志军.饲草组合优化及其发酵品质评价[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2016.

[5] 吴天佑,赵睿,罗阳,等.不同粗饲料来源饲粮对湖羊生长性能、瘤胃发酵及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(6):1907–1915.

[6] 高钢,熊和平,陈平,等.饲喂苎麻嫩茎叶青贮料对山羊育肥效果及肌肉品质的影响[J].饲料工业,2016,37(19):20–23.

[7] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003.

[8] 张宏福.动物营养参数与饲养标准[M].2 版.北京:中国农业出版社,2010:5–6.

[9] VAN SOEST P J.Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages[J].Journal of Animal Science,1967,26(1):119–128.

[10] 冯宗慈,高民.通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进[J].畜牧与饲料科学,2010,31(6/7):37.

[11] 秦为琳.应用气相色谱测定瘤胃挥发性脂肪酸方法的研究改进[J].南京农学院学报,1982,5(4):110–116.

[12] 胡江,王毅,赵芳芳,等.秸秆制粒对肉牛反刍、消化、瘤胃发酵及体增重的影响[J].草业学报,2016,25(10):163–170.

[13] 周封文.饲喂秸秆颗粒日粮对小尾寒羊瘤胃和整体消化代谢的影响[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.

[14] 刘圈炜,王成章,严学兵,等.苜蓿青饲对波尔山羊屠宰性状及肉品质的影响[J].草业学报,2010,19(1):158–165.

[15] KNOWLES T A,SOUTHERN L L,BIDNER T D,et al.Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs[J].Journal of Animal Science,1998,76(11):2818–2832.

[16] 庄二林.苜蓿与谷草组合效应的评定研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2017.

[17] BLANCO C,BODAS R,PRIETO N,et al.Concentrate plus ground barley straw pellets can replace conventional feeding systems for light fattening lambs[J].Small Ruminant Research,2014,116(2/3):137–143.

[18] ALLEN M S.Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber[J].Journal of Dairy Science,1997,80(7):1447–1462.

[19] 杨艳,瞿明仁,欧阳克蕙,等.逐步提高精粗比及其对锦江黄牛瘤胃发酵及酸代谢的影响[J].饲料研究,2013(10):4–8.

[20] ANANTASOOK N,WANAPAT M,CHERDTHONG A,et al.Effect of plants containing secondary compounds with palm oil on feed intake,digestibility,microbial protein synthesis and microbial population in dairy cows[J].Journal of Animal Science,2013,26(6):820–826.

[21] 许红.苜蓿干草对杜×寒羊 F1 的生产性能及胃肠道消化代谢指标的影响[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2013.

[22] OWENS F N,BERGEN W G.Nitrogen metabolism of ruminant animals:historical

perspective,current understanding and future implications[J].Journal of Animal Science,1983,57（Suppl.2）:498–518.

[23] PRESTON R R.Trapieal animal feeding:a man for research workers No 126 FAO fechuical papers[J].Animal Production and Health Papel,1995,23(4):101–102.

[24] MARTIN F J,VAN HOUTERT.Challenging the rational for altering VFA ratios in growing ruminants[J].Feed Mix,1996,4(1):8–11.

[25] 李旺.瘤胃挥发性脂肪酸的作用及影响因素[J].中国畜牧杂志,2012,48(7):63–66.

[26] GADO H M,SALEM A Z M,ROBINSON P H,et al.Influence of exogenous enzymes on nutrient digestibility,extent of ruminal fermentation as well as milk production and composition in dairy cows[J].Animal Feed Science & Technology,2009,154(1/2):36–46.

[27] MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ G,ABECIA L,RAMOS-MORALES E,et al.Effects of propyl propane thiosulfinate on nutrient utilization,ruminal fermentation, microbial population and methane emissions in goats[J].Animal Feed Science & Technology,2014,191(5):16–25.

[28] 张波,高青山,毛元廷,等.Penergetic-t 对延边黄牛增重及血液理化指标的影响[J].江西农业学报,2010,22(9):114–117.

[29] STANLEY C C,WILLIAMS C C,JENNY B F,et al.Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J].Journal of Dairy Science,2002,85(9):2335–2343.

[30] BROWN M S,PONCE C H,PULIKANTI R.Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets:performance and ruminal metabolism[J].Journal of Animal Science,2006,84(Suppl.1):E25–E33.

[31] 王丽.日粮白酒糟水平对山羊生产性能和营养物质表观消化率影响[D].硕士学位论文.石家庄:河北农业大学,2014.

[32] 刘海燕,刘晓辉,李信涛.两种粗饲料日粮对育肥羊生产性能、血液生化指标和经济效益的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十二次动物营养学术研讨会论文集.武汉:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2016:1.

[33] 岳喜新,刁其玉,马春晖,等.饲喂代乳粉对羔羊生长性能和血清生化指标的影响[J].饲料工业,2011,32(1):20–23.

[34] 王婕姝,赵芳芳,王毅,等.秸秆颗粒型日粮对育肥羔羊生长性能和血液生化指标的影响[J].甘肃农业大学学报,2014,49(5):51–57.

[35] KNOWLES T A,SOUTHERN L L,BIDNER T D,et al.Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein,crystalline amino acid-supple mented diets for finishing pigs[J].Journal of Animal Science,1998,76(11):2818–2832.

[36] 王宗伟,牟晓玲,杨国伟,等.日粮营养水平对肉鹅血清钙磷、碱性磷酸酶及胫骨钙磷的影响[J].中国家禽,2009,31(15):16–20.

[37] 刘圈炜,魏立民,王峰,等.全价颗粒饲料对育肥海南黑山羊血清生化指标的影响[J].饲料研究,2017(2):37–39.

Effects of Peanut Vine Instead of Alfalfa in Granulated Total Mixed ration on Growth Performance, Rumen Fermentation and Serum Biochemical Indexes of *Hubei* Black-Head Goats

SUO Xiaojun[1,2] ZHANG Nian[1] YANG Qianping[1] TAO Hu[1] XIONG Qi[1] LI Xiaofeng[1] CHEN Mingxin[1]

（1. *Institute of Animal Science, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan* 430064, *China;*

2. *Hubei Key Laboratory of Animal Embryo and Molecular Breeding, Wuhan* 430064, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of peanut vine instead of alfalfa in granulated total mixed ration (TMR) on growth performance, rumen fermentation and serum biochemical indexes of *Hubei* black-head goats, in order to provide some basis for the reasonable roughage feeding during black-head goat fattening. Thirty 8-month-old *Hubei* black-head goats (wethers) with similar body weight [(20.46±3.23) kg] and those in good physical condition were randomly divided into 3 groups with 10 goats per group. The animals were fed granulated TMR, in which the roughage was derived from peanut vine (group Ⅰ), alfalfa (group Ⅱ), or

*Corresponding author, professor, E-mail: xiaojunsuo@126.com (责任编辑 菅景颖)

alfalfa+peanut vine (group Ⅲ). The experimental period was 60 days, including a 10-day pre-experimental period and a 50-day formal trial period. The animals were weighed after the experiment. Rumen fluid and blood samples were collected to assess rumen fluid volatile fatty acids (VFA) and ammoniacal nitrogen (NH_3-N) concentrations and serum total albumen (TP), albumin (ALB), urea nitrogen (UN), glucose (GLU) contents, etc. The results showed as follows: 1) groups Ⅱ and Ⅲ had a significantly higher average daily gain (ADG) with a significantly decreased feed/gain (F/G) relative to group Ⅰ (P<0.01). 2) There was no significant difference in the apparent digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of blackheads among groups (P>0.05), but groups Ⅱ and Ⅲ，in terms of numerical values, had different degrees of improvement than group Ⅰ. 3) Acetate and total volatile fatty acid concentrations in rumen fluid of groups Ⅱ and Ⅲ were significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.05). 4) Serum albumin content (P<0.01) and albumin/globulin (P<0.05) of groups Ⅱ and Ⅲ were significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.05); serum urea nitrogen （UN） and high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) contents and creatine kinase (CK) activity of group Ⅲ were significantly lower than those of group Ⅱ (P<0.05); there were no significant differences in the other serum biochemical indexes among groups (P>0.05). These results indicate that under the similar energy and protein level conditions, TMR only using peanut vine as the roughage source may decrease ADG, increase F/G, and decrease acetate and total volatile fatty acid concentrations in rumen fluid of *Hubei* blackhead goats; TMR using the combination of peanut vine and alfalfa as the roughage source can obtain similar feeding effect as alfalfa.

Key words: *Hubei* black-head goats; total mixed ration; growth performance; rumen fermentation; serum biochemical indexes